

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADAS A LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL SANITARIA

M. Liliana Ramírez

Fecha de Recepción: Marzo 2005

Fecha de Aceptación: Noviembre 2005

lramirez@hum.unne.edu.ar

Departamento de Geografía

Facultad de Humanidades

Universidad Nacional del Nordeste

Argentina

RESUMEN

En las últimas décadas la Planificación Territorial, entendida como la expresión espacial de las distintas políticas que se llevan a cabo en el territorio, se ha visto sumamente favorecida por las Tecnologías de la Información Geográfica que permiten un manejo integrado de un elevado número de variables de dimensión espacial. El estudio de la distribución de los equipamientos hospitalarios en un determinado espacio geográfico forma parte del objeto de estudio de la Planificación Territorial Sanitaria, y, en este sentido, los modelos de localización-asignación óptima incorporados en diversos software, desarrollan un papel preponderante para ayudar a las administraciones públicas en la toma de decisiones acordes a los problemas y necesidades sanitarios que presenta la población. Este trabajo muestra, en primer lugar, la aplicación del modelo de utilidad multiatributo (MAUT), como procedimiento pertinente para encontrar una medida capaz de ponderar la demanda que emplea los hospitales públicos y, en segundo lugar, la aplicación de modelos de localización-asignación óptima incorporados en el software Localiza como programa eficaz para determinar nuevas localizaciones de instalaciones hospitalarias congruentes con las necesidades sanitarias.

Palabras Clave:

Planificación Territorial Sanitaria, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Sistemas de Apoyo a la Decisión Espacial (SADE), Modelo de Utilidad Multiatributo (MAUT), Chaco, Argentina.

ABSTRACT

During the last decades, Land Planning, as the expression of diverse policies over a territory, has been enhanced by Geographic Information Technologies (GIT) as they allow for an inte-

grated analysis including a high number of spatially referenced variables. The study of the distribution of hospitals is part of the so-called Health Land Planning. In this sense, location-allocation models, present in a number of software, develop an important role in decision making processes aimed at solving population's health-related problems. First, this work shows the application of the multi-attribute utility model (MAUT) as the pertinent procedure for efficient finding to estimate the demand of hospital-related services. Second, it shows the application of location-allocation models, implemented within LOCALIZA software as an efficient tool for determining new potential locations for hospital installations in agreement with society health demands.

Key words:

Health Land Planning, Geographic Information Systems (GIS), Spatial Decision Support Systems (SDSS), Multi-Attribute Utility Model MAUT, Chaco, Argentina.

1. CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

La Planificación Territorial es parte integrante de la Geografía desde que en 1949 el Congreso de la Unión de Geógrafos Internacionales (UGI-IGU), a la vez que reconoció oficialmente a la Geografía Aplicada como grupo de trabajo y como una forma de conciliar la investigación con la acción, instituyó en el seno de ella la comisión de Planificación Regional (BOSQUE MAUREL, 1992:145 cit. por FARINÓS DASÍ, 2000:66). Desde entonces la Geografía ha generado un gran número de conceptos y métodos conocidos, pero que quizás no han sido ordenados y valorados unitariamente desde la perspectiva de su aplicación a la planificación (ZOIDO NARANJO, 1998:5), ámbito en donde estos conceptos y métodos son aplicados con mayor intensidad debido a los abundantes elementos comunes que existen entre la Geografía y la Planificación moderna y que pueden sintetizarse en tres líneas fundamentales: en primer lugar los organismos de planificación le asignan una gran

importancia a la dimensión espacial de las políticas públicas y la sociedad pone cada vez más énfasis en las consecuencias de las actividades económicas sobre sus territorios concretos; en segundo lugar la recuperación que merece hoy la planificación como instrumento de desarrollo refuerza el campo profesional de los geógrafos y, el último aspecto considerado se refiere a que los principales problemas que afectan al mundo contemporáneo han sido desde siempre problemas de interés geográfico (e.g. deterioro ambiental, localización de actividades en el territorio, agotamiento de los recursos), no obstante esta ventajosa situación para la disciplina, los trabajos e investigaciones que se desarrollan aún no responden de forma acertada a las demandas de la sociedad (ARENAS VASQUEZ, 1995:44-45)¹.

Desde otro punto de vista al analizar diversos modelos de Planificación Sanitaria a los que hemos accedido para llevar a cabo éste y otros trabajos previos, la salud es entendida como el punto de partida de todo proceso de planificación y, a la vez, se transforma en el resultado que permite evaluar el mencio-

nado proceso. Por ello el estado sanitario de la población es considerado tanto como un indicador de factor -input- o de resultado -output-, según sea el objetivo concreto a alcanzar. Por otro lado se examina a la salud como una variable dependiente de, por lo menos, cuatro factores: biológicos o endógenos, relacionados con el entorno, relacionados con los hábitos de vida y relacionados con el sistema sanitario. La presencia de estos cuatro factores determinantes de la salud da como resultado, según Pineault y Daveluy, la existencia de dos modelos de investigación posibles en torno a la salud. Un primer modelo se basa en la salud pública y la epidemiología que involucra fundamentalmente al primer y tercer factores señalados y persigue primordialmente el rumbo hacia la salud; y un segundo modelo, inspirado en las Ciencias Sociales que permite enriquecer el inventario de posibles acciones tendientes al mejoramiento del estado de salud de la población, esta perspectiva postula que existe una relación entre la salud y sus determinantes y que toda acción que se toma al nivel de los determinantes tendrá un efecto sobre la salud. Este modelo se aplica, sobre todo, en la descripción del hábitat humano y su entorno, así como el análisis de las interre-

laciones entre los elementos característicos de ese entorno o "núcleos naturales" que conforma la comunidad. La identificación de esos núcleos naturales se hace con la ayuda de diferentes variables entre las que se destacan los atributos sociodemográficos de la población en cuestión (edad, sexo, ingresos, empleo, educación), los factores poblacionales (distribución, densidad, movilidad), el lugar y distribución de las instituciones o equipamientos destinados a la prevención, asistencia y restauración o recuperación de la salud, y los indicadores de salud y de bienestar social (mortalidad infantil y otras tasas específicas de mortalidad y esperanza de vida) (PINEAULT y DAVELUY, 1988:6-8).

A pesar de que, en teoría, en los modelos de Planificación Sanitaria aparece mencionada la dimensión espacial, creemos que es una perspectiva que en los estudios empíricos ha sido muy poco atendida, cuando en la realidad la localización y distribución en el territorio de los equipamientos, instalaciones, servicios, y de los recursos que ellos implican, merecen un adecuado análisis con el fin de que los mismos estén accesibles a toda la población en igualdad de condiciones.

1 FARINÓS DASÍ (2000:68-69) señala que los términos Planificación Territorial y Ordenación del Territorio se emplean indistintamente como sinónimos y que este último es el más preferido por los estudiosos en lengua hispana, a su vez define a la Planificación Territorial como "una aproximación integrada a la valoración del territorio, desde una óptica de optimización de sus aptitudes al desarrollo de la actividad humana y una minimización de impactos y desajustes ambientales y sociales". Existen numerosas definiciones de Planificación Territorial/Ordenación del Territorio, la mayoría coinciden en que se trata de una tarea política, la misma Carta Europea de Ordenación del Territorio (CEOT, 1984) manifiesta que "se trata de la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda sociedad, es a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política". Por otro lado GASPARD (1995:4) manifiesta que el Ordenamiento del Territorio "es el arte de adecuar la población y la producción de la riqueza de un territorio a una perspectiva de desarrollo, por ello el correcto ordenamiento se sitúa en la intersección de los tres ejes vitales del desarrollo: eficacia-equidad-ambiente, teniendo siempre presente que los seres humanos son los destinatarios últimos de las acciones a emprender". Desde otra arista BOISIER (1976:22) indica que la Planificación Territorial o Espacial incluye trabajos cuyo "sujeto de estudio está constituido por el conjunto de actividades económicas localizadas en el espacio geográfico, los fenómenos y relaciones que se observan entre ellos sobre el espacio geográfico y el efecto de la fricción espacial sobre la organización económica y social del propio espacio en función del uso de los recursos, distribución de asentamientos humanos y de producción y movilidad".

El punto de encuentro entre los dos conceptos señalados en los párrafos anteriores, es decir, Planificación Territorial, por un lado y Planificación Sanitaria, por otro, lo constituye la Planificación Territorial Sanitaria que, desde nuestra mirada particular, tiene entre sus principales finalidades el estudio de la localización geográfica de los asentamientos humanos y su correspondiente cobertura de servicios e infraestructura sanitaria, para encontrar la mejor localización posible (óptima) de acuerdo con los problemas y necesidades sanitarios de la población².

Para completar el panorama enunciado, en las últimas décadas el auge que han cobrado las Tecnologías de la Información Geográfica en el análisis espacial permitió dar empuje a nuevas metodologías y esbozar nuevas estrategias de planificación. Las modernas y cada vez más accesibles técnicas de estudios territoriales que actualmente se pueden emplear, encabezadas por los Sistemas de Información Geográfica -SIG- (GIS en inglés) y por los Sistemas de Apoyo a la Decisión Espacial -SADE- (SDSS, en inglés), son muy variadas. Los SIG conforman una alta tecnología geográfico-informática

capaz de soportar la captura, almacenamiento, recuperación, transformación, análisis, modelado y presentación de datos espaciales para la resolución de problemas de planificación y gestión (MORENO JIMENEZ 2001:15)³. Por otro lado los SADE pueden ser definidos como un entorno adecuado para la adopción "racional" de decisiones sobre problemas espaciales (BOSQUE SENDRA et al., 2000:569), éstos últimos constituyen, por tanto, la perspectiva más actual y promisoría en este contexto que tendrá en el futuro, suponemos, un desarrollo vertiginoso. Esta situación es el resultado del afianzamiento de una nueva perspectiva, orientación o enfoque en los estudios geográficos denominado "geotecnológico", que investiga los mismos temas de estudio que caracterizan a la disciplina geográfica, pero ahora apoyados en nuevas herramientas que permiten analizar la información de manera diferente⁴.

El enfoque geotecnológico, para algunos autores considerado como el nuevo paradigma geográfico, se ha dejado sentir con fuerza en el ámbito de la Geografía de la Salud y de la Planificación Territorial Sanitaria, en especial en el empleo de los SIG (Cfr.

2 La Organización Mundial de la Salud (OMS) aconseja, desde 1979, planificar a partir de los problemas y necesidades sanitarios de la población y no a partir de los recursos disponibles.

3 Existe una amplia bibliografía referida a los Sistemas de Información Geográfica en la que se pueden confrontar diversas definiciones de este concepto: Burrough (1986), Cebrián (1988), Aronoff (1989), NCGIA (1990), Bosque Sendra (1992), Comas y Ruiz (1993), Gutierrez Puebla y Gould (1994), son algunos de los autores que tratan este tema.

4 "La Geografía ha tenido un papel destacado en el desarrollo de varias de las TIG, muy en concreto en la aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), una de las herramientas pioneras entre aquellas. Diversos geógrafos tienen y han tenido un papel muy importante en la elaboración de modelos de datos utilizados en los SIG, en el planteamiento de las herramientas de análisis y el diseño de algunos programas SIG más difundidos en el ámbito académico y comercial, en este sentido es preciso señalar que el NCGIA (National Center Geographic Information and Analysis), uno de los más prestigiosos centros de desarrollo de la CIG y de los SIG, tiene su base, entre otros lugares, en departamentos de Geografía californianos y neoyorquinos. Es evidente que la aportación de la Geografía y de los geógrafos en el desarrollo de las TIG ha sido sumamente destacada, y lo sigue siendo, aunque bajo el riesgo de que una importante porción de profesionales geógrafos, como ya ha sucedido en otras circunstancias, se inclinen por trabajar en la nueva CIG" (BOSQUE SENDRA, 1999:10).

GATRELL and LÖYTÖNEN (Ed.), 1998; CROMLEY and McLAFFERTY, 2002). En la actualidad se estima que cerca de un 80% de las necesidades de información de quienes toman decisiones y definen políticas en los gobiernos están relacionadas con una ubicación geográfica, es por ello que el uso de los SIG como herramienta que se utiliza para mostrar la espacialización de la información sanitaria de cualquier territorio, se convierte en un apoyo analítico fundamental para la planificación, programación y evaluación de actividades e intervenciones del sector salud con el objeto de fortalecer la capacidad de gestión de los servicios sanitarios.

A pesar de que el desarrollo de los SIG data de unas cuantas décadas, el empleo de ellos en el campo de la Salud Pública es reciente y su uso se asocia frecuentemente a la descripción espacial de un evento de salud, al análisis de situaciones de salud en un área geográfica y una población específicas, al análisis de patrones o diferencias de la situación de salud de distintos niveles de agregación, a la identificación de grupos de alto riesgo en salud y de áreas críticas, a la vigilancia y monitoreo en salud pública, a la identificación de riesgos ambientales y ocupacionales, a la identificación de espacios saludables y de factores promotores y protectores de salud (OPS, 1996). Estos estudios tradicionales caracterizados en especial por realizar diagnósticos de situaciones particulares y reconocimiento de problemáticas específicas, se complementan en la actualidad con trabajos destinados a brindar las posibles soluciones a situaciones reales, circunstancia que se ha visto favorecida gracias al continuo avance de la tecnología SIG, que incesantemente incorpora nuevas posibilidades

de análisis espacial. En este sentido los problemas y modelos de localización, que originalmente se plantearon en Alemania a comienzos del siglo XIX con la aparición de los clásicos trabajos realizados por Heinrich Von Thünen (modelo de localización sobre el uso del suelo agrícola), Alfred Weber (modelo de localización industrial) y que luego derivan en la elaboración de construcciones más generales que intentan alcanzar leyes o teorías como las de Christaller, Lösch, Isard (BOISIER, 1976:11), han sido incorporados recientemente a los SIG más difundidos, al tiempo que numerosas programaciones particulares de universidades, institutos o empresas privadas intentan dar solución a determinados eventos reales. De allí que los SIG se manifiestan como instrumentos idóneos no sólo para los estudios de epidemiología ambiental sino también como soporte de las decisiones en el planeamiento de los servicios de salud.

2. OBJETIVOS

La presente contribución muestra de forma escueta el desarrollo de un trabajo que incluye, en una primera etapa, el diagnóstico del estado sanitario de la población que permitió estimar la demanda potencial ponderada de acuerdo con los problemas y necesidades sanitarios de la misma. Esta fase implicó un minucioso examen de los indicadores demográficos, epidemiológicos, de recursos sanitarios, de utilización de servicios y de accesibilidad -geográfica, temporal y económica- que caracterizan a la población usuaria del servicio hospitalario público, destinado a encontrar una magnitud, un valor o peso que permitiera ponderar a la cantidad

de población de cada localidad -o punto de demanda- considerando sus aspectos sanitarios. En la segunda etapa, se procedió a aplicar los modelos de localización-asignación óptima incorporados en SIG para determinar la ubicación más adecuada para nuevas instalaciones hospitalarias públicas en la Provincia del Chaco (Argentina), considerando la presencia y la distribución de los actuales equipamientos.

Este planteamiento tiene dos elementos que deseamos resaltar como genuinos de nuestro aporte. En primer lugar, pocos son los estudios de Planificación Territorial Sanitaria que ponderan la demanda potencial, por lo general se trabaja con el colectivo de población que reside en cada unidad de análisis o punto de demanda y, por otra parte, muy escasos son los trabajos que incorporan a indicadores de accesibilidad (geográfica o espacial, temporal y económica), como variables importantes para sopesar la demanda. En segundo lugar, los modelos de localización-asignación óptima incluidos en los SIG, son empleados frecuentemente para conocer el conjunto de localizaciones más adecuadas y evaluar así la distribución actual, mientras que, por las limitaciones propias de los softwares empleados, no son lo suficientemente idóneos de determinar los sitios para nuevas localizaciones considerando los equipamientos ya existentes. Esta labor será abordada en esta oportunidad a partir de una programación diseñada, entre otros propósitos, para tal fin, de ahí su singularidad.

El esquema que presenta esta contribución, *(por razones de espacio, se muestra en la página número XXX)*.

3. LA INFORMACIÓN DE PARTIDA

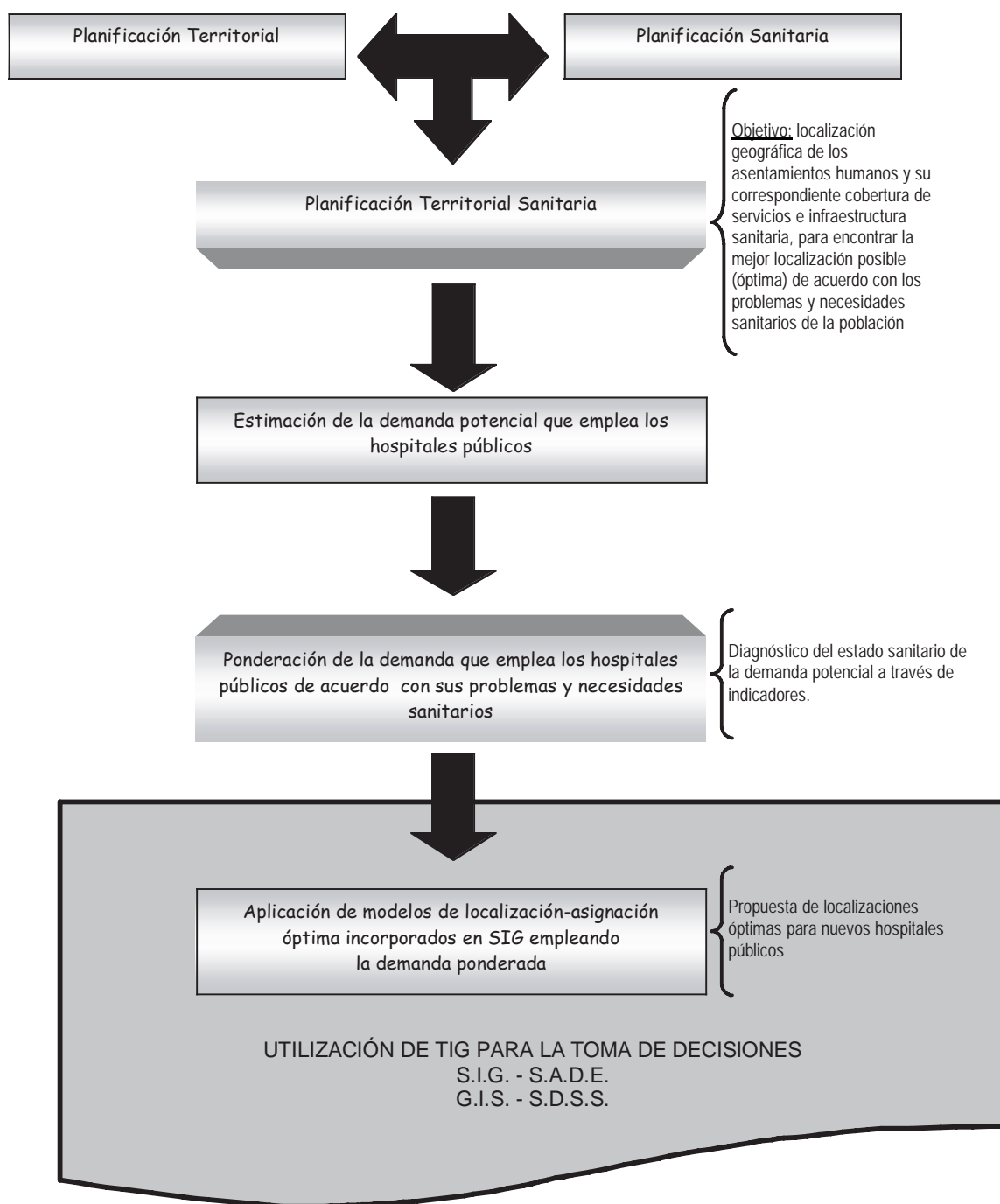
3.1 El área de estudio

El territorio sobre el que se desarrollará el esquema de trabajo indicado antes corresponde a la Provincia del Chaco ubicado en la región Nordeste de la República Argentina (figura 1). Se trata de un espacio con una superficie aproximada de 99.000 km² y una población que en el año 2001 registró 978.956 habitantes⁵.

Desde la perspectiva sanitaria el Ministerio de Salud Pública de la Provincia ha dividido a la jurisdicción en 6 zonas sanitarias las que se desagregan en 67 áreas sanitarias o programáticas (figura 2).

A los efectos de su tratamiento en un SIG este espacio fue modelizado mediante una imagen raster de 2026 columnas por 1652 filas, con una resolución espacial de 250 metros. Por otro lado, por cada área programática o sanitaria se definió un centroide o punto de control, resultando así 67 píxeles que representan los puntos de demanda (figura 3), a su vez, de éstos últimos 41 contienen actualmente hospitales públicos, por lo que son definidos como puntos de oferta fijos, mientras que el complemento, o sea, los 26 puntos de demanda restantes que no poseen ofer-

5 Corresponde a los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, INDEC, 2001.



ta, constituyen los puntos móviles susceptibles de acoger nuevos equipamientos (figura 4).

3.2 La estimación de la demanda potencial

En la República Argentina el sector salud se estructura sobre tres subsectores principales: a) un subsector público con financiación y provisión públicas, integrado por las estructu-

Posición de la Provincia del Chaco en la Argentina



Figura 1.- Posición geográfica de la Provincia del Chaco en el contexto nacional

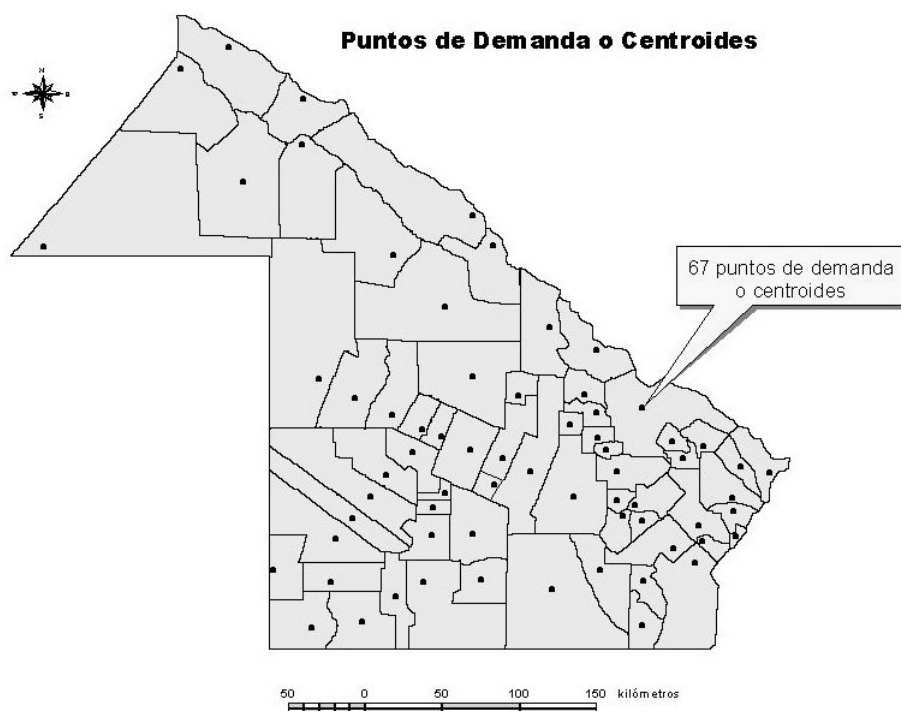


Figura 3.- Puntos de Demanda o Centroides

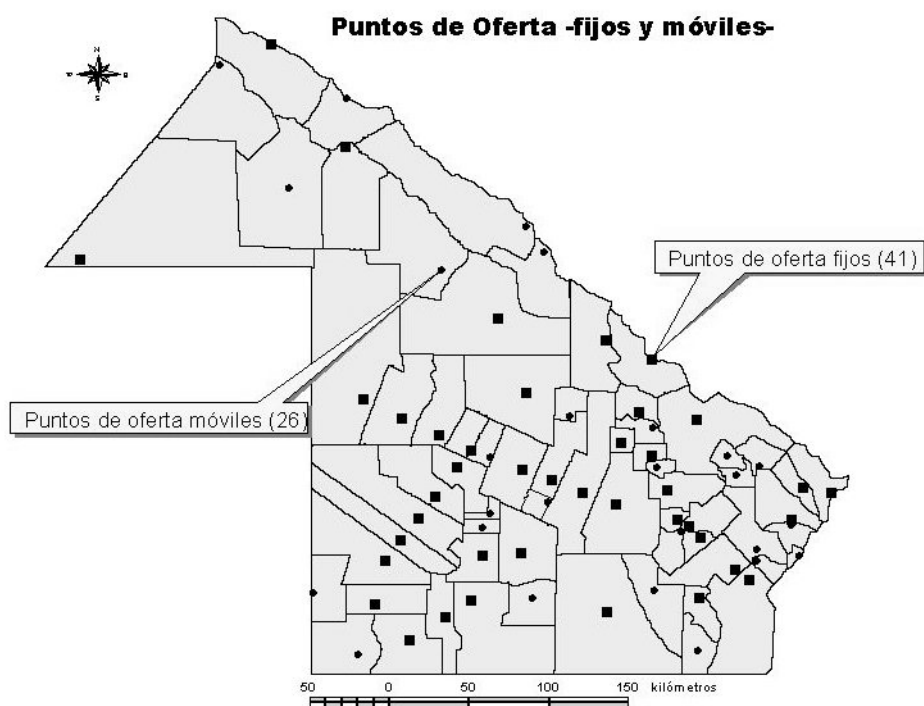


Figura 4.- Puntos de Oferta -Fijos y Móviles-

ras administrativas provinciales y nacionales de nivel ministerial y la red de hospitales públicos; b) un subsector de seguro social obligatorio organizado en torno a las entidades que agrupan a los trabajadores según ramas de actividad denominadas Obras Sociales; c) un subsector privado que incluye tanto a la oferta de profesionales de la salud independientes como la de establecimientos de salud (hospitales y clínicas privadas) que atienden demandantes individuales pero, sobre todo, a los beneficiarios de las obras sociales mediante acuerdos individuales y colectivos que convienen diferentes modalidades de pago de servicios. En la actualidad se ha incrementado la demanda en el sector público por la creciente desocupación, la crisis económica y la fractura de la cadena de pagos en los subsectores privado y de la seguridad social (OPS, 2002: 6-7).

Tal lo manifestado, cada persona desde la perspectiva de la atención sanitaria, pertenece a un determinado subsector, o dicho en otras palabras posee una determinada cobertura sanitaria⁶. De este modo el tipo de cobertura sanitaria que posee una persona es de esencial importancia para determinar el tipo de establecimiento al que asistirá en caso de necesitar asistencia sanitaria y ello implicará una calidad de prestación diferencial. En general existe una correlación muy alta y directa entre la posesión de Obra Social, Plan Médico o Mutual y el acceso a servicio sanitario privado, por el contrario aquellas personas que no poseen ninguna

de las coberturas señaladas acuden mayoritariamente a los equipamientos públicos. En síntesis, podemos argumentar que de los usuarios de equipamientos sanitarios públicos quedan excluidas aquellas personas que poseen Obra Social, Plan Médico o Mutual. Esta idea, no obstante, no es generalizable ya que, como hemos apuntado, la crisis económica y social ha determinado que cada vez exista una mayor demanda en las instalaciones públicas debido al aumento del desempleo, subempleo y quiebre de algunas Obras Sociales, lamentablemente no existen registros concretos de esta situación, motivo por el cual, la demanda potencial que hace uso del servicio de hospitales públicos es igual al conjunto de personas que no poseen ningún tipo de cobertura médica. Según el último Censo de Población, Hogares y Viviendas correspondiente al año 2001, en todas las áreas sanitarias, más de la mitad de la población no poseía cobertura sanitaria⁷, lo que determinaba que en el conjunto del territorio provincial la misma fuera de 644.915 usuarios, es decir, un 65,5% de toda la población.

3.3 La ponderación de la demanda potencial

3.3.a. Variables intervinientes

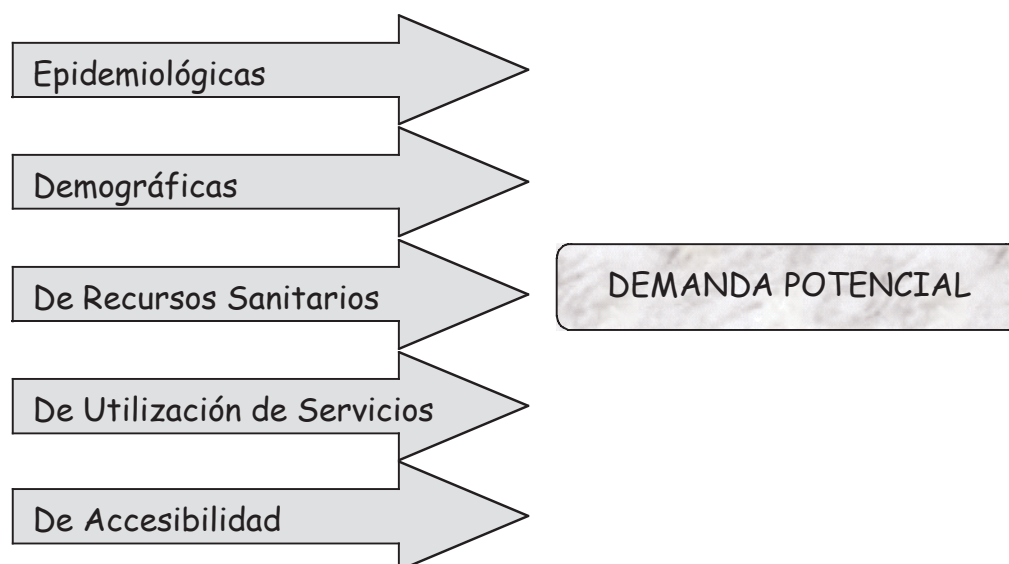
En cada área sanitaria no sólo es diferente la proporción de población sin cobertura médica, sino que, además, estas personas tienen disímiles características sociales, económi-

6 Aunque no es lo más habitual es posible que una pequeña proporción de población posea más de un tipo de cobertura, según se hará mención más adelante.

7 En el área sanitaria Libertad la proporción de población sin cobertura sanitaria ascendió al 51,2%, mientras que en el área de Villa Río Bermejito, el 92,1% registraba la situación más crítica. Entre ambos guarismos se situaban las restantes áreas.

cas, sanitarias, educativas, etc., como sucede en cualquier territorio. Por este motivo, sopesar la demanda potencial teniendo en cuenta las particularidades sanitarias de la población fue una labor compleja, para lo cual fue preciso revisar numerosos textos y artículos que tratan los aspectos relevantes de la Planificación Sanitaria. En este proceso de revisión escogimos como pertinente un modelo de evaluación del estado de salud de la población referido al territorio portugués que, en 1994, presentaron los autores Vaz, Simões, Costa y Santana (VAZ, A., et al., 1994:32)⁸. Este modelo está constituido por 51

indicadores distribuidos en seis conjuntos o familias de variables: sanitarias, demográficas, oferta de servicios sanitarios, utilización de servicios sanitarios, sociales y económicas. En el modelo que hemos desarrollado en este trabajo para ponderar la demanda, se seleccionaron 26 indicadores, sin embargo, como algunos de ellos son compuestos, es decir, surgen, a su vez, de la combinación de varios indicadores podemos decir que, en la realidad, se han empleado 51 indicadores (vid. infra) que corresponden a cinco conjuntos de variables, a saber:



La selección de estos conjuntos se cimentó, en primer lugar en el modelo Vaz tomado como referencia y, en segundo lugar, en la disponibilidad de información, ya que dadas las peculiaridades del territorio que habitamos, en muchas ocasiones, las limitaciones en este sentido son elevadas. Cada uno de estas variables se conforma de una serie de indicadores que, como su nombre lo señala,

indican o muestran la situación particular de cada área sanitaria, así es posible mejorar el conocimiento de ellas de forma singular en los siguientes aspectos:

- Variables demográficas: índice de masculinidad, índice de personas jóvenes, índice de personas mayores.

8 Este modelo permitió evaluar el estado de salud de la población de las Regiones de Tras-os-Montes y alto-Douro, en Portugal, posteriormente se transformó en el modelo empleado por el Observatorio Regional de Salud del mencionado país.

- Variables epidemiológicas: nivel de mortalidad por edad⁹, nivel de mortalidad por causas¹⁰, nivel de morbilidad por causas¹¹.

relación con la capacidad de la oferta¹⁶, la densidad de carreteras -pavimentadas y de tierra-.

- Variables de recursos sanitarios: cocientes o ratios simples (de camas, médicos y enfermeros)¹², cocientes de localización (camas médicos y enfermeros)¹³.

Los cuatro primeros conjuntos de variables, y sus respectivos indicadores, fueron estudiados a partir de información suministrada por organismos provinciales¹⁷ y nacionales¹⁸, por lo tanto, a la selección prosiguió un análisis pormenorizado de las mismas advirtiendo patrones de distribución espacial que permitieron acrecentar el conocimiento de la realidad del espacio que ha sido objeto de estudio, y asimismo, apreciar evidentes correlaciones de tipo territorial.

- Variables de utilización de recursos sanitarios: tasa de consultas, tasa de hospitalización, nivel de movilidad¹⁴.

- Variables de accesibilidad: geográfica o espacial, temporal, económica¹⁵, en

9 Se ha trabajado con la proporción de defunciones de los siguientes grupos de edad: menos de 1 año, de 1 año, de 2 a 4 años, de 5 a 14 años, de 15 a 49 años y de 50 y más años. Posteriormente, por cada área, se procedió a realizar una sumatoria lineal ponderada y así obtuvimos el nivel de mortalidad por edad.

10 En este caso se abordó el tratamiento de las 10 primeras causas de defunciones que provocan el 90% de las muertes totales. Se analizaron en un primer momento de forma particular para cada una de las 67 áreas programáticas y, finalmente, al igual que en el caso anterior, se efectuó una sumatoria lineal ponderada.

11 Situación análoga al caso anterior, con la diferencia que en la morbilidad se analizaron las 12 principales causas que provocan más del 90% de las dolencias de la población.

12 Los cocientes simples tienen como finalidad relacionar los recursos disponibles, en este caso en los establecimientos hospitalarios, con el colectivo de población que hace uso de ellos, generalmente expresado por mil o por diez mil. Su utilidad primordial es establecer comparaciones entre regiones o países y apreciar su situación evolutiva cuando los datos y el estudio así lo requieren. La confrontación siempre constituye un factor de análisis relevante ya que permite conocer cuánto le falta a un espacio o territorio para alcanzar un nivel óptimo o aceptable.

13 Los cocientes de localización, son magnitudes que valoran las diferencias interregionales en un mismo momento y también las diversidades en el tiempo de una misma región; los resultados obtenidos en este caso fluctúan entre 0 y el infinito, el valor 1 es el que indica el equilibrio entre los recursos sanitarios ofrecidos y los usuarios demandantes (JOSEPH y PHILLIPS, 1984).

14 La movilidad ha sido entendida en tres dimensiones: la distancia que recorren los usuarios, el tiempo que emplean para trasladarse hacia el punto de oferta y el coste que invierten para este desplazamiento. Los resultados corresponden a la población que se desplazó en el año 2000.

15 En estas tres dimensiones además de analizar de forma particular, es decir: kilómetros recorridos, tiempo empujado y coste invertido para trasladarse desde un punto de demanda hasta otro de oferta, se consideraron las mismas magnitudes pero en relación con la cantidad de usuarios que se desplazan. Así surgieron los kilómetros/usuarios, tiempo/usuarios, coste/usuarios de cada una de las 67 áreas sanitarias.

16 Se entiende como capacidad de la oferta a la atracción que, eventualmente, puede producir el bien o servicio como respecto a la demanda que lo utiliza. En este caso se consideró como elemento de atracción a los recursos humanos (médicos y enfermeros) que cada hospital posee.

17 Dirección de Estadística Sanitaria. Ministerio de Salud Pública del Gobierno de la Provincia del Chaco. Resistencia, 2000.

18 Instituto Nacional de Estadística y Censos. INDEC, 2001.

Con respecto al quinto conjunto de variables -las de accesibilidad-, al que añadimos el indicador "nivel de movilidad" que forma parte de las variables de utilización de servicios sanitarios, la información generada ha sido ciento por ciento genuina y para ello la apoyatura en el tratamiento espacial mediante Sistemas de Información Geográfica ha sido invaluable. Así, considerando los puntos de demanda, los puntos de oferta existentes actualmente y la distancia, tiempo y coste que los separa, como así también la cantidad de población que en el año 2000 se movilizó para recibir atención sanitaria, se concibieron indicadores que revelan de manera acabada las áreas más y menos accesibles -en cuanto a distancias recorridas, tiempo empleado y coste invertido- así se definieron los sectores con mayores necesidades, ya que estimamos que la mayor cantidad de usuarios que se desplazan denotan más problemas y necesidades sanitarios.

En el proceso de ponderación de la demanda potencial, todo lo descrito anteriormente -es decir, selección de variables e indicadores, análisis particular de cada uno de ellos y generación de nueva información mediante SIG- ha sido calificado como la primera fase. Seguidamente se describirá lo que entendemos como segunda fase u obtención de la magnitud que pondera la demanda de cada área sanitaria a los efectos de aplicar, finalmente, los modelos de localización-asignación incorporados en un SIG.

3.3.b. El Modelo de Utilidad Multiatributo (MAUT)

Para tratar la complejidad y diversidad de variables intervinientes en el estado de salud de la población en un espacio determinado, es muy conveniente el empleo de un modelo matemático multiatributo (Multiattributive Model) que permite valorar y evaluar de una manera altamente "objetiva" la situación del territorio estudiado (SANTANA y MARTINS, 2001:12). Trasladando estos conceptos a nuestro estudio en particular diremos que la finalidad en este caso consiste en evaluar, ordenar y jerarquizar a cada una de las 67 áreas programáticas que se ven caracterizadas por las variables e indicadores -atributos- que hemos descrito en los apartados anteriores.

Los modelos multiatributo o modelos de utilidad multiatributo (MAUT), forman parte del amplio abanico de métodos de evaluación y decisión multicriterio. Pueden ser definidos como aquellos que están diseñados para obtener la utilidad de alternativas a través de los atributos valiosos, que deben ser evaluados como componentes de los criterios (HERNANDEZ, JOSE et al., 2002:6). Para cada atributo o indicador se determina la correspondiente función de utilidad (parcial), y luego se agregan en una función de utilidad multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. El rigor y rigidez de los supuestos teóricos de este método requiere un elevado nivel de información del agente decisor para la construcción de funciones de utilidad multiatributo (MARTINEZ, E., 1998, cit. por AVILA MOGOLLÓN, R., 2000:5). El principal objetivo de estos modelos de utilidad multiatributo es auxiliar a los centros decisores a describir,

evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo con varios criterios (COLSON y DE BRUIN, 1989:1201, cit. por BARREDO CANO, 1996:47). Esto admite que se transformen en herramientas que permiten analizar y dar cuenta de complejas situaciones de la realidad actual. De acuerdo con los fines específicos de nuestro trabajo el modelo multiatributo estará representado por los distintos indicadores que nos brindan información acerca de las variables que han sido señaladas con anterioridad de manera particular (variables demográficas, sanitarias o epidemiológicas, de recursos sanitarios, de utilización de servicios, de accesibilidad y de movilidad).

Una peculiaridad fundamental del modelo de utilidad multiatributo es la uniformidad que deben presentar las variables, es decir, antes de aplicar el puntaje o ponderación a cada atributo es preciso establecer una correspondencia a cada uno de los valores que asumen los indicadores con que se miden las variables o atributos, esto significa que los valores reales -porcentajes, índices o cualquier otra dimensión de medida empleada- deben ser transformados en utilidades, lo que permite eliminar cualquier dificultad inherente a la naturaleza misma de la medición de las variables.

En la práctica, lo expuesto significa tomar los valores extremos máximos y mínimos de cada indicador y hacerlos corresponder con las respectivas utilidades, entre 0 y 100 o bien entre 0 y 1. La utilidad 0 es concordante,

siempre, con el valor más desfavorable al evento que se analiza, mientras que el valor 100 ó 1, según la escala escogida, representará el valor más favorable al evento. Así las magnitudes intermedias asumen valores correspondientes, en una proporción directa, entre la utilidad mínima y la utilidad máxima. La expresión empleada para la transformación de los valores reales de los indicadores a utilidades ha sido la siguiente¹⁹:

$$Ut=1* \left\{ 1 - \left[\frac{X_{min} - X}{X_{min} - X_{max}} \right] \right\}$$

[1]

Siendo:

Ut= la utilidad del indicador

Xmin = el valor mínimo del conjunto de observaciones

Xmax = el valor máximo del conjunto de observaciones

X = el valor del indicador cuya utilidad se desea obtener

En busca de la concreción de nuestros objetivos específicos, adaptamos lo apuntado en [1] a los intereses del estudio. Así, debido a que la puntuación final que se obtenga del modelo aditivo será empleada como un factor de ponderación de la demanda que utiliza los servicios sanitarios públicos, en nuestro trabajo el mayor registro de utilidad -valor 1- se corresponderá siempre con la situación más desfavorable, de este modo los conjuntos de población con necesidades más signi-

19 Hemos optado por la escala comprendida entre 0 y 1 a los efectos de evitar valores muy elevados.

ficativas desde la perspectiva sanitaria, obtendrán una puntuación final -factor de ponderación- más elevada, que permitirá, asignar un mayor peso a los colectivos que, por sus necesidades, así lo requieran. Lo apuntado determina que la expresión señalada en [1] se reformule del siguiente modo:

$$U_i = 1 * \left\{ 1 - \left[\frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}} \right] \right\}$$

[2]

Una vez lograda la utilidad para cada uno de los indicadores -atributos- que conforman los conjuntos de variables es preciso aplicar el modelo aditivo apuntado en, para ello es preciso efectuar el producto de las utilidades obtenidas por la ponderación particular que recibe cada indicador. Este último se desprende de la ponderación general que corresponde al grupo de variables que abordaremos en el próximo apartado. Recién entonces se obtiene la puntuación final de cada área programática. Seguidamente se mostrará la composición final del modelo multiatributo diseñado y las ponderaciones tanto generales como particulares de cada una de las variables e indicadores que forman parte de él.

3.3.c. Los componentes del Modelo de Utilidad Multiatributo (MAUT) en Salud

Como apuntamos con antelación, el modelo tomado como referencia fue el que propusieron Vaz et al. según palabras de los propios autores este modelo multiatributo recorre dos momentos principales. El primero es el que se destina a la selección de variables que tienen mayor impacto en la salud y que son relevados de forma sistemática por las autoridades competentes, mientras que el segundo momento corresponde a la ponderación de las variables o conjunto de variables, para lo cual es preciso recurrir a una amalgama de peritos o expertos en varias áreas de la salud, motivo por el cual se suele convertir en el momento más importante del proceso (VAZ, A., et al., 1994:32).

En el modelo que desarrollamos en este trabajo se utilizan 51 indicadores distribuidos en 5 conjuntos de variables (up.supra). Debido a nuestros objetivos específicos, el mayor peso recae en las variables epidemiológicas o sanitarias -2,65 puntos- (ver cuadro 1), ya que consideramos que de los indicadores que forman parte de ellas surgen las necesidades sanitarias más urgentes de la población, debido a que constituyen los denominados indicadores de out-put o de salida o resultado de un sistema sanitario; en segunda instancia hemos situado a las variables que se relacionan con la posibilidad de acceso de la población a los equipamientos sanitarios -2,40 puntos- en virtud de los objetivos concretos de nuestra investigación que se relacionan con la localización óptima de los equi-

pamientos hospitalarios. Las variables de utilización -aunque con pocos indicadores- se sitúan en tercer lugar con un puntaje análogo al que presenta el modelo Vaz et al. -2,20-, seguidos por las variables de recursos sanitarios -1,75- y finalmente las demográficas con

1,00 punto, respetando de este modo, el orden otorgado en el modelo que hemos tomado como ejemplo. Considerando todos estos aspectos el modelo generado se compone del siguiente modo:

Variables	Indicadores	Ponderación		Puntuación final
EPIDEMIOLOGICAS				2.65
	nivel de mortalidad por edad	1.00		
	nivel de mortalidad por causas	0.85		
	nivel de morbilidad por causas	0.80		
DEMOGRÁFICAS				1.00
	índice de masculinidad	0.10		
	índice de jóvenes	0.30		
	índice de mayores	0.60		
DE RECURSOS SANITARIOS				1.75
	Cocientes Simples		0.65	
	médicos	0.35		
	enfermeros	0.10		
	camas	0.20		
	Cocientes de Localización		1.10	
	médicos	0.625		
	enfermeros	0.15		
	camas	0.325		
DE UTILIZACIÓN DE SERVICIOS				2.20
	tasa de consultas	0.78		
	tasa de hospitalización	0.40		
	nivel de movilidad		1.02	
	geográfica	0.22		
	temporal	0.40		
	económica (costes)	0.40		
DE ACCESIBILIDAD				2.40
	geográfica	0.15		
	geográfica con relación a la demanda	0.25		
	temporal	0.30		
	temporal con relación a la demanda	0.40		
	económica (costes de transporte)	0.30		
	económica con relación a la demanda	0.40		
	en relación a la cap. de la oferta	0.40		
	densidad de rutas		0.20	
	pavimentadas	0.125		
	de tierra	0.075		
				10.00

Cuadro 1

3.3.d. La integración del modelo y la puntuación final de las áreas

Una vez transformados los valores de los indicadores a utilidades y definidas las ponderaciones o pesos de los mismos sólo resta realizar la integración del modelo a través de la expresión multiplicativa y, finalmente, la adición para alcanzar las puntuaciones finales que caracterizarán a cada una de las áreas programáticas y que serán empleadas como un factor de ponderación de la demanda en su conjunto, para definir las localizaciones óptimas, las re-localizaciones y las posibles nuevas localizaciones de hospitales públicos. La expresión que emplearemos para alcanzar las puntuaciones finales o factores de ponderación final para cada área es la siguiente:

$$Pts = \sum_j (ut_j * pa_j)$$

[3]

Donde

- el subíndice j representa el indicador o atributo
- ut_j corresponderá a la utilidad determinada por el valor del atributo o indicador j , (esto implica la transformación del valor absoluto del indicador en utilidad) y
- pa_j será el puntaje, peso o ponderación asignado al atributo o indicador j
- Pts será el peso, ponderación o puntuación final alcanzado por el atributo o indicador en estudio.

De la aplicación de la expresión indicada en [3] surgirá un valor que constituye el peso o el

factor de ponderación con el cual se ponderará a la demanda potencial que reside en cada área programática. Este valor representa una magnitud que sintetiza los problemas y las necesidades sanitarias con que se enfrenta la población. Hemos insistido en varias oportunidades que siempre que nos referimos a la demanda potencial hacemos referencia a la cantidad de población que, en cada área programática, no posee ningún tipo de cobertura médica o sanitaria. Ahora estamos en condiciones de ponderar o sopesar este conjunto de población por el factor de ponderación que hemos obtenido, según lo expuesto anteriormente. Los resultados alcanzados han sido representados en la figura 5. Se aprecia la distribución espacial de los factores de ponderación que permiten distinguir cuáles son las áreas o sectores de la provincia del Chaco que presentan mayores problemas y necesidades sanitarios, ya que un mayor registro de esta sumatoria esta en correspondencia con situaciones más desfavorables. (Figura 5)

4. EL PROGRAMA LOCALIZA Y LOS MODELOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN ÓPTIMA

El Localiza es un programa diseñado por personal del Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Alcalá²⁰, se trata de una programación que funciona como un módulo adicional del software Idrisi perteneciente a la Universidad de Clark, por lo tanto trabaja con una estructura de datos raster. Aplicar

20 Se ha desarrollado en el marco del proyecto 06/0049/98, financiado por la Comunidad de Madrid y dirigido por el Dr. Joaquín Bosque Sendra.

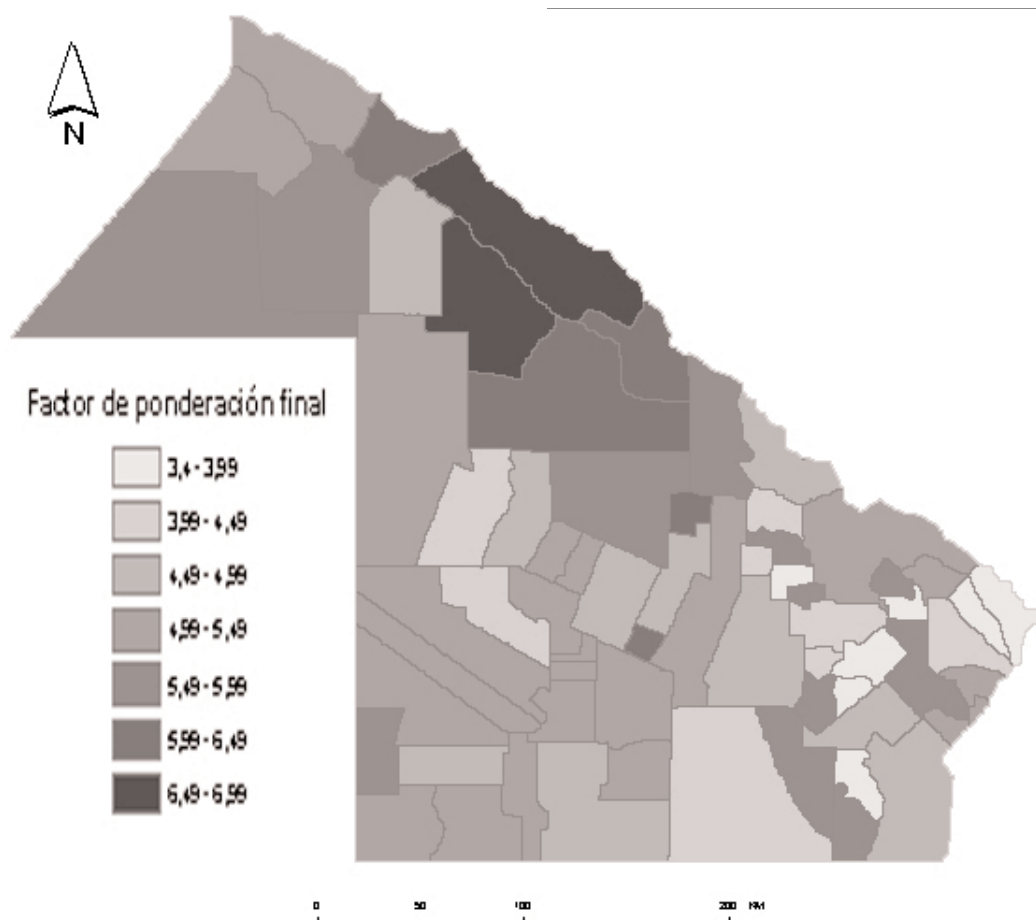


Figura 5.- Factor de Ponderación o Puntuación Final de las Áreas Programáticas

los modelos de localización-asignación incorporados en el software Localiza, destinados a ubicar equipamientos deseables en un espacio de interés requiere disponer de información preparada en formato raster, se trata de imágenes de datos puntuales, es decir, que tanto la demanda que precisa el servicio, como la oferta, que puede o no existir al momento de hacer el análisis, deben estar representadas por puntos en una imagen raster, tal como se ha indicado con anterioridad (up.supra, apartado 3.1). Así el complejo espacio continuo debe ser discretizado a través de ficheros o archivos cuyas características son las que siguen:

a) Un primer fichero o archivo de imagen *-.img-* debe contener los identificadores de la demanda, recordemos que nuestros usuarios se hallan distribuidos en 67 áreas programáticas o sanitarias, las cuales para el caso particular de la aplicación de los modelos de localización-asignación deben pasar de ser áreas -o elementos superficiales- a puntos -o píxeles-. De este modo en el sector más poblado de cada área se incluye una celda con el identificador correspondiente, éstos serán los píxeles de control - puntos de demanda, tal como se mostró en la figura 3.

b) Un segundo fichero o archivo de valores *-.val-* debe estar formado por los identificadores de los puntos de demanda seguidos por la población o demanda atribuida a cada uno de ellos. En nuestro caso la magnitud asociada a cada punto no se refiere sólo a la demanda, sino a ella pero sopesada por el factor de ponderación o factor de ponderación final, tal como se ha apuntado en el apartado anterior. El producto de la demanda potencial de cada área por este factor de ponderación es el valor que esta asociado a los identificadores de la demanda.

Los dos ficheros señalados son necesarios y suficientes para aplicar los modelos de localización-asignación, llevar a cabo los procedimientos que nos permitan encontrar las ubicaciones óptimas y definir posibles re-localizaciones. Sin embargo si deseamos hallar los sitios destinados a nuevos equipamientos sin alterar los que ya existen tendremos que emplear otros dos ficheros, a saber:

c) Un tercer archivo o fichero de imagen *-.img-* que contenga los identificadores de los puntos de oferta fijos ya existentes, es decir, los hospitales que forman actualmente la red de hospitales públicos y que no son susceptibles de manipularse; y,

d) Un cuarto archivo o fichero de imagen *-.img-* que contenga los identificadores de los puntos de demanda que no poseen oferta y que, por lo tanto son considerados posibles candidatos a acoger un nuevo equipamiento, denominados también puntos móviles.

Los dos últimos ficheros son requeridos en caso de desear conocer los sitios óptimos para nuevas instalaciones y mantener fijas las ya existentes (el resultado visual de estos archivos se ha mostrado en la figura 4).

En todo proceso de evaluación de las localizaciones y definición de sitios óptimos o adición de nuevas localizaciones, el tratamiento de las distancias es un aspecto sumamente relevante, por ello se hace necesario describir, aunque brevemente, las diferentes posibilidades que el software Localiza ofrece en lo que respecta a la manipulación de las distancias que separan a los puntos de demanda de los de oferta. La forma más primitiva de operarlas en un formato raster ha sido la euclidiana o rectilínea (figura 6), es decir la línea recta que separa dos puntos en el espacio analizado.

A esta alternativa, que se halla presente en el programa que emplearemos, se añaden otras dos opciones. En primer lugar el tratamiento de los recorridos mediante las distancias de Manhattan (figura 6), procedimiento éste que evita los cálculos demasiados simplistas del caso anterior y agrega mayor veracidad a los cómputos realizados. Y, en segundo lugar, el software contempla la posibilidad de analizar los costos de recorrido, para lo cual es preciso definir la fricción o impedancia de la red viaria o caminos que se emplean para realizar los desplazamientos desde los puntos de demanda hacia los de oferta, ésta es la solución que más se acerca a la simulación de la verdadera movilidad de la población.

Es preciso expresar asimismo que en el análisis de las distancias -euclidiana o de Manhattan- y de los costos, no se emplean

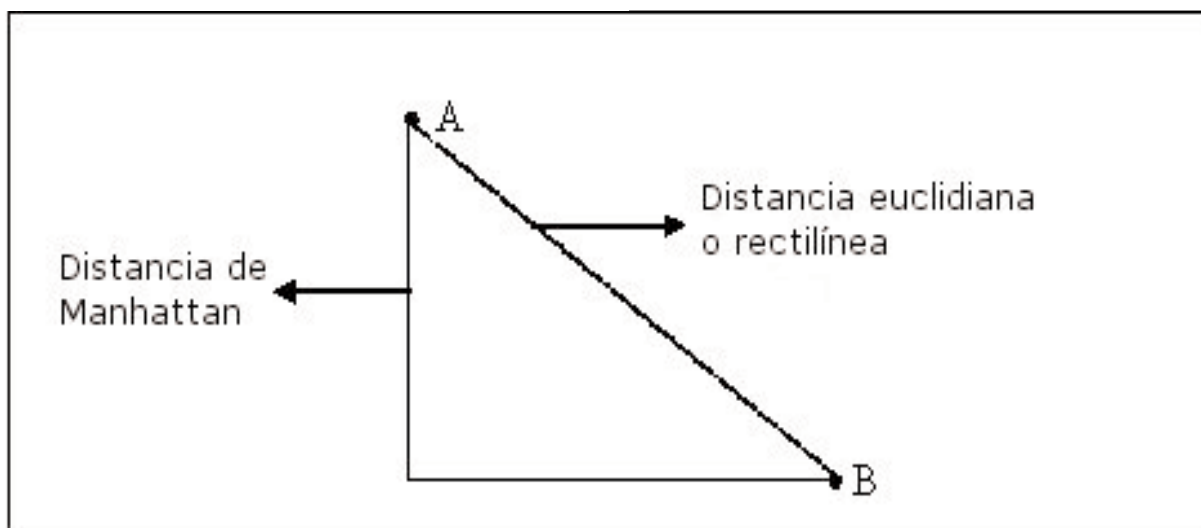


Figura 6.- Distancia euclidiana o rectilínea y Distancia de Manhattan

imágenes sino matrices, esto significa que el mismo programa genera una matriz²¹, que registra en cada celda la distancia euclidiana, la distancia de Manhattan o los costos de recorrido, según sea la opción escogida, y es la que se utiliza toda vez que se apliquen los modelos de localización óptima. Esta diferenciación es importante ya que disminuye notablemente el procesamiento de los datos, debido a que no es semejante, en un proceso de localización-asignación, resolver el análisis de una imagen de más de tres millones de píxeles que de una matriz como la que aquí se emplea.

Otra información de partida que es necesario definir antes de acometer un estudio de localización es el límite de distancia máxima o alcance espacial con la que se trabajará toda vez que el modelo requiera una restricción de la distancia. Este parámetro debe

estar enunciado en la misma unidad de medida en que está expresada la imagen (kilómetros, metros, etc). En lo referente a la definición de este alcance nos hemos basado en las entrevistas a referentes claves, específicamente a directores de algunos hospitales quienes nos han aconsejado que toda vez que se desee aplicar un modelo de localización-asignación que precise la indicación de un alcance espacial, en nuestro territorio podría ser una distancia que oscile entre los 20 y 30 kilómetros, por ello finalmente hemos elegido esta última como restricción del servicio²².

5. LOS RESULTADOS

De los actuales modelos que lleva incorporado el Localiza hemos empleado cuatro: Minisum, Medires, Cobemax y Coberes, ellos

21 En este caso de 67 por 67 equivalente a los puntos de demanda que se analizan.

22 Entre los modelos de localización-asignación que se aplicarán se encuentran el Modelo de Mínima Distancia con restricción, el de Cobertura Máxima y el de Cobertura Máxima con restricción de la distancia. En los dos primeros la aplicación requiere de un alcance espacial, el mismo ha recaído en 30 kilómetros, mientras que en el último modelo señalado se precisa de dos alcances espaciales, uno máximo -30 kilómetros- y otro mínimo -10 kilómetros-.

fueron aplicados en varias ocasiones utilizando diferentes matrices de distancia para simular el desplazamiento de la demanda hacia los puntos de oferta (distancia de Manhattan y costos generados a partir de la fricción de las carreteras).

Hemos verificado que de acuerdo con el modelo Minisum la actual distribución de hospitales públicos responde al criterio de eficiencia espacial en un 78% y en un 70,7% según se utilice la matriz de distancia de Manhattan o la de costos. El modelo Medires, por su parte arroja 73,2% y 63,4% de concordancia con la realidad según ambas matrices; luego, el modelo Cobemax revela 58,5% y 51,2% de justicia espacial, en ambos procedimientos y finalmente el modelo Coberes devuelve un 68,3% y un 58,5% según se emplee una u otra matriz de distancia. Dos consideraciones finales merecen realizarse, en primer lugar, los resultados de todos los modelos empleados dejan al descubierto las inequidades territoriales que la actual distribución de hospitales públicos presenta. En segundo lugar, en todos los casos en que se procede a aplicar los modelos utilizando la matriz de costos la proporción de justicia y/o eficiencia espacial se reduce, con respecto a esta situación, si consideramos que el tratamiento de las distancias empleando la matriz de costos se asemeja más a la realidad vivida, entonces la situación es aún más delicada.

En esta parte del trabajo también hemos podido apreciar que, en relación con los problemas y necesidades de la población demandante, un elevado número de localizaciones determinadas como óptimas se emplazan en el noroeste de la provincia, pre-

cisamente allí donde en reiteradas oportunidades, se manifestaba la delicada situación sanitaria del territorio, lo que demuestra la importancia de ponderar la demanda. También pudo advertirse que todos los resultados logrados a partir de la aplicación de modelos de localización óptima mejoran la situación actual en cuanto a la configuración global del sistema sanitario, esto significa que disminuyen las distancias máximas, mínimas y totales que la población tiene que recorrer. Además, esta aplicación progresiva de los diferentes modelos -plausibles de ser empleados en localización de equipamientos sanitarios de gestión pública- nos permitió determinar la posible re-localización de equipamientos situación que, aunque muy ideal, puede ayudar en la toma de decisiones de corte sanitaria (e.g. dotación de recursos).

Finalmente, lo pertinente que son considerados los modelos de localización Medires y Coberes para la instalación de hospitales públicos y las altas coincidencias encontradas entre sus resultados, nos llevaron a elegirlos como adecuados para decidir acerca de las ubicaciones para nuevos equipamientos. Así, pues, los sitios adecuados, en orden de prioridad, recayeron en El Palmar, Gancedo, Isla del Cerrito, Miraflores y Villa Río Bermejito. Los tres primeros, recordemos, han sido definidos empleando la matriz de costos, mientras que el primero más los dos últimos surgieron del empleo de la distancia de Manhattan. En cualquier caso se ha puesto en evidencia el progreso de la configuración global del sistema sanitario, en caso de incluir estos nosocomios a los ya existentes, en especial crecería la proporción de usuarios que quedan incluidos hasta los 30 kilómetros de distancia al hospital más próximo, de 92,8% que actual-

mente quedan contenidos a 95,4% y 94,5%, según las diferentes matrices de distancia - Manhattan o costos- (en ambos casos más de 10.000 personas podrían beneficiarse con estas nuevas localizaciones).

6. CONSIDERACIONES FINALES

Nuestra visión particular con respecto al empleo de los modelos de localización-asignación óptima incorporados en un Sistema de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE-LOCALIZA) para evaluar la actual distribución de hospitales públicos y determinar los sitios para nuevas instalaciones, nos permite expresar que su empleo no sólo es pertinente, como se ha probado ya en innumerables trabajos, sino que, permite dejar al descubierto las injusticias espaciales al evaluar la distribución actual y cotejar sus resultados con los óptimos con miras de alcanzar el criterio de justicia espacial. Por otro lado, creemos que la aplicación de los modelos de localización debe formar parte de un permanente proceso de ordenamiento, en el que se evalúen de forma continua las distribuciones espaciales de los equipamientos sanitarios, ya que los directos beneficiarios, es decir, la población, constituye un fenómeno dinámico en constante cambio, y en este aspecto, los SIG-SADE se comportan como herramientas que facilitan y fundamentan la toma de decisiones evitando caer en injusticias territoriales.

Un renglón particular merece el comentario referido a la utilización del software Localiza para evaluar y definir las localizaciones ópti-

mas, en este caso, de hospitales públicos y para determinar el lugar más acorde para nuevas instalaciones. En este sentido, deseamos manifestar que hemos tenido oportunidad de realizar otros trabajos, dentro de la misma línea de investigación, empleando otros programas como herramienta informática, oportunidad en la que nos vimos limitados a determinar sólo los sitios óptimos ya que no se contó con la posibilidad de considerar los puntos de oferta existentes. Por ello consideramos que el desarrollo Localiza, en el que es posible identificar los puntos con oferta existentes y no incluirlos como candidatos, es un progreso altamente significativo en lo que atañe al avance de modelos de localización-asignación, ya que no sólo permite evaluar la concordancia entre los actuales y los óptimos sino que, además, permite generar la alternativa de lugares para nuevos equipamientos. Esta circunstancia es altamente favorable ya que no siempre, en la realidad, es posible encaminar la re-localización de cara a alcanzar la función objetivo buscada. Por otro lado, para aquellos que no están convencidos acerca del tratamiento de distancias en formato raster, se ha visto con claridad que la posibilidad de emplear una matriz de costos generada a partir de la fricción, en la que cada píxel contiene el costo de desplazamiento, permite definir localizaciones y asignaciones muy acordes a la realidad y al espacio estudiado. Aquí también el avance es significativo, ya que el mismo software lleva incorporados los comandos necesarios para realizar las operaciones tendientes a generar las matrices de distancias y de costos. Otra ventaja sumamente importante es que se trata de una programación que manipula bases de datos raster (ficheros de imagen y de valores) sin

mediar demasiados inconvenientes en la preparación de las mismas. Finalmente, consideramos que un software de esta naturaleza, surgido desde un ámbito académico y de carácter gratuito, mucho puede ayudar al desarrollo de investigaciones cuya línea de trabajo sea la localización óptima y que no disponen de los recursos necesarios para acceder a programas de costos elevados.

BIBLIOGRAFÍA

Arenas Vásquez, Federico (1995). "Desafíos para la planificación y la gestión regional: posibilidades para la Geografía". En *Revista de Geografía Norte Grande*. Nº 22. Pp. 41-45. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.

Aronoff, Stan (1989). *Geographic Information Systems: A management perspective*. WDL Publications. Ottawa, Canadá. 286 páginas.

Avila Mogollón, Ruth (2000). "El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras El caso de Brasil". *Proyecto Regional Información sobre Tierras y Aguas para un Desarrollo Agrícola Sostenible* (Proyecto Gcp / Rla / 126 / Jpn). Santiago de Chile, Chile.

Barredo Cano, José (1996). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio*. Editorial RA-MA. Madrid, España. 264 páginas.

Boisier, Sergio (1976). *Diseño de Planes Regionales. Métodos y Técnicas de Planificación Regional*. Centro de Perfeccionamiento. Colegio Oficial de

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España. 279 páginas.

Bosque Sendra, Joaquín (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp S.A. Madrid, España. 451 páginas.

Bosque Sendra, Joaquín (1999). "La Ciencia de la Información Geográfica y la Geografía". En: *VII Encuentro de Geógrafos de América Latina* (publicación en CD). San Juan de Puerto Rico. Puerto Rico.

Bosque Sendra, Joaquín; Gómez Delgado, Montserrat; Moreno Jiménez, Antonio y dal Pozzo, Francesco (2000). "Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos". En: *Revista de Estudios Geográficos*. Nº 241. Pp. 567-598. Madrid, España.

Bosque Sendra, Joaquín y Moreno Jiménez, Antonio (2004) (Editores). *Localización de Equipamientos y SIG*. Editorial RAMA. Madrid, España.

Burrough, P.A. (1987). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press. Oxford University Press. New York, USA. 191 páginas.

Cebrian de Miguel, Jesús (1988). *Sistemas de Información Geográfica*. En: *Aplicaciones de la Informática a la Geografía y las Ciencias Sociales*. Editorial Síntesis. Madrid.

Comas, David y Ruiz Ernest (1993). *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Ariel S.A. Barcelona, España. 295 páginas.

- Conserjería de Ordenación del Territorio - CEOT- (1984). *LEY sobre Ordenación Territorial de la Comunidad de Madrid*. Centro de Información y Documentación de la Conserjería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda de la Comunidad de Madrid. Madrid, España. 39 páginas.
- Cromley, Ellen y McLafferty, Sara (2002). *GIS and Public Health*. The Guilford Press. New York, USA. 340 páginas.
- Dirección de Estadística Sanitaria. Anuario de Estadísticas Vitales 1996/2001. Ministerio de Salud Pública. Provincia del Chaco. Argentina.
- Farinós Dasí, Joaquín (2000). "Análisis geográfico regional y planificación territorial". En: *Cuadernos de Geografía*. N° 67/68. Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. Valencia, España.
- Gaspar, Jorge (1995). "O novo ordenamento do territorio. Geografia e valores". En: *Edición electrónica de trabajos publicados sobre Geografía e Historia*. Estudos Geográficos. Universidade de Lisboa. www.ub.es/geocrit/sv-39.htm
- Gatrell, Anthony y Löytönen, Markku (editors) (1998). *GIS and Health*. European Science Foundation. Taylor & Francis. UK. USA. 213 páginas.
- Gutiérrez Puebla, Javier y Gould, Michael (1994). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Síntesis. Colección Espacio y Sociedades, Serie General No. 2. Madrid, España. 251 páginas.
- Hernández, José y García María (2002). "Multiattribute model in Management project on PyMES". En: *3er. Congreso Iberoamericano de Gerencia de Proyectos*. Caracas. Venezuela.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2002). *Censo Nacional de Población y Viviendas de la Provincia del Chaco, 2001. (Resultados Provisorios)*. Buenos Aires, Argentina.
- Joseph, Alun y Phillips, David (1984). *Accessibility and utilisation. Geographical perspectives on health care delivery.*, Harper and Row, Publishers. New York. Estados Unidos. 214 páginas.
- Moreno Jiménez, Antonio (2004). "Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos". En: Bosque Sendra, Joaquín y Moreno Jiménez, Antonio (2003) (editores). *Localización de equipamientos y SIG*. Editorial RA-MA (en prensa). Madrid, España.
- Moreno Jiménez, Antonio y Escolano Utrilla, Severino (1992). *Los servicios y el territorio*. Colección Espacio y Sociedades N° 19. Editorial Síntesis. 189 páginas. Madrid, España.
- NCGIA (1990). *Core curriculum*. Tres volúmenes. I: *Introduction to GIS*. II: *Technical issues in GIS*. III: *Application issues in GIS*. National Center for Geographic Information and Analysis. University of California. Santa Bárbara, California. USA.
- Organización Mundial de la Salud (OMS)(1965). *Basic Documents*. 16ª. Edición 1. Ginebra. Suiza.

Organización Panamericana de la Salud (1996). "Uso de los SIG en Salud". En *Boletín Epidemiológico de la OPS*. Vol.17. N° 1. Washington, USA.

Organización Panamericana de la Salud (2002). *Perfil del Sistema de Servicios de Salud de la República Argentina*. Programa de Organización y Gestión de Sistemas y Servicios de salud. División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud. Washington. USA.

Pineault, Raynald y Daveluy, Calore (1988). *La planificación sanitaria. Conceptos, métodos, estrategias*. Masson, S.A. Barcelona, España. 387 páginas.

Santana, Paula y Martins, José (2001). "O estado de saúde da população da Região Centro. Resultados de um modelo multiatributo". En: *Cadernos de Geografia*. Número Especial dedicado a las Actas do II Colóquio de Geografia de Coimbra. Pp. 11-27. Instituto de Estudos Geográficos. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal.

Vaz, A.; Simões, J.; Costa, R. y Santana, P. (1994). "Desenvolvimento de um modelo de avaliação do estado de saúde das populações". En: *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. Vol. 12. N° 2. Pp. 5-23. Lisboa, Portugal.

Zoido Naranjo, Florencio (1998). "Geografía y Ordenación del Territorio". En: *Didáctica de las Ciencias Sociales*. Geografía e Historia. N° 16. Pp. 19-31. Barcelona, España.